

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] A base A semiconductor light emitting device which fixed to this base A covering object which has light transmission nature which covers this semiconductor light emitting device It is semiconductor luminescence equipment equipped with the above, and said covering object absorbs a part of light [ at least ] in which said semiconductor light emitting device emits light, and is excited, and a luminous layer and said fluorescent substance of said semiconductor light emitting device are characterized by consisting of a compound semiconductor of the same presentation including a fluorescent substance which emits light of different wavelength from this.

[Claim 2] A base A semiconductor light emitting device which fixed to this base A covering object which has light transmission nature which covers this semiconductor light emitting device A part of light [ at least ] in which it is semiconductor luminescence equipment equipped with the above, said semiconductor light emitting device has a luminous layer which consists of  $\text{InXGa1-XN}$  (however,  $0 \leq X \leq 1$ ), and said covering object changes from  $\text{InXGa1-XN}$  (however,  $0 \leq X \leq 1$ ), and said semiconductor light emitting device emits light is absorbed, and it is excited, and is characterized by including a fluorescent substance which emits light of different wavelength from this.

[Claim 3] A base A semiconductor light emitting device which fixed to this base An internal covering object which has light transmission nature which covers this semiconductor light emitting device An external covering object which has light transmission nature which covers said internal covering object It is semiconductor luminescence equipment equipped with the above. Said internal covering object Absorb a part of light [ at least ] in which said semiconductor light emitting device emits light, and it is excited. It has the semi-sphere-like inside lens section, including a fluorescent substance which emits light of different wavelength from this. It is characterized by for said semiconductor light emitting device having a luminous layer which consists of a compound semiconductor of the same presentation as said fluorescent substance, and said external covering object having the inside lens section of said internal covering object, and the outside lens section of the shape of a semi-sphere arranged on the same axle.

[Claim 4] Said internal covering object is semiconductor luminescence equipment given in any 1 term of claims 1-3 which consist of poly meta ROKISAN or a ceramic.

[Claim 5] Said internal covering object is semiconductor luminescence equipment according to claim 4 which has a luminous layer of said semiconductor light emitting device, and a refractive index of abbreviation identitas.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3230518号  
(P3230518)

(45) 発行日 平成13年11月19日 (2001. 11. 19)

(24) 登録日 平成13年 9 月14日 (2001. 9. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

N

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-296184

(22) 出願日 平成11年10月19日 (1999. 10. 19)

(65) 公開番号 特開2001-119067(P2001-119067A)

(43) 公開日 平成13年 4 月27日 (2001. 4. 27)

審査請求日 平成11年10月19日 (1999. 10. 19)

(73) 特許権者 000106276

サンケン電気株式会社

埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号

(72) 発明者 室伏 仁

埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号 サン

ケン電気株式会社内

(72) 発明者 佐野 武志

埼玉県新座市北野 3 丁目 6 番 3 号 サン

ケン電気株式会社内

(74) 代理人 100082049

弁理士 清水 敬一

審査官 吉野 三寛

(56) 参考文献 特開 平11-204838 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

H01L 33/00

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体と、該基体に固着された半導体発光素子と、該半導体発光素子を被覆する光透過性を有する被覆体とを備えた半導体発光装置において、前記被覆体は前記半導体発光素子の発光する光の少なくとも一部を吸収して励起され、これとは異なる波長の光を放出する蛍光体を含み、前記半導体発光素子の発光層と前記蛍光体とは同一の組成の化合物半導体から成ることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 基体と、該基体に固着された半導体発光素子と、該半導体発光素子を被覆する光透過性を有する被覆体とを備えた半導体発光装置において、前記半導体発光素子は  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) から成る発光層を有し、前記被覆体は  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) から成り且つ前記半導体発光素子の発

2

光する光の少なくとも一部を吸収して励起され、これとは異なる波長の光を放出する蛍光体を含むことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 3】 基体と、該基体に固着された半導体発光素子と、該半導体発光素子を被覆する光透過性を有する内部被覆体と、前記内部被覆体を被覆する光透過性を有する外部被覆体とを備えた半導体発光装置において、前記内部被覆体は、前記半導体発光素子の発光する光の少なくとも一部を吸収して励起され、これとは異なる波長の光を放出する蛍光体を含み、且つ半球状の内側レンズ部を有し、前記半導体発光素子は前記蛍光体と同一の組成の化合物半導体から成る発光層を有し、前記外部被覆体は前記内部被覆体の内側レンズ部と同軸上に配置された半球状の外側レンズ部を有することを特徴とする半導体発光装

置。

【請求項4】 前記内部被覆体は、ポリメタロキサン又はセラミックから成る請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体発光装置。

【請求項5】 前記内部被覆体は、前記半導体発光素子の発光層と略同一の屈折率を有する請求項4に記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード装置等の半導体発光装置、特に半導体発光素子から照射される光を波長変換して外部に放出する半導体発光装置に属する。

【0002】

【従来の技術】 禁止帯幅（エネルギーギャップ）の大きい半導体発光素子を用いると、波長の短い可視光から紫外域までの比較的短い波長の光を発光する半導体発光装置を実現することができる。このような波長の光を発光する半導体発光素子としては、GaN、GaAlN、InGa<sub>0.5</sub>N、InGa<sub>0.5</sub>AlN等の窒素ガリウム系化合物半導体が公知であり、小型、低消費電力、長寿命等の種々の利点を備えた新しい発光源に利用することができる。

【0003】 図3は、発光ダイオードチップから照射される光を蛍光体によって波長変換して、発光ダイオードチップから照射される光とは異なる色調の光を得る従来の発光ダイオード装置の断面図を示す。図3に示す発光ダイオード装置(1)では、カソード側リードとしての第一の外部端子(2)に凹部(3)と第一のワイヤ接続部(4)とを設け、凹部(3)の底面(3a)に発光ダイオードチップ(5)を固着すると共に、発光ダイオードチップ(5)のカソード電極(5h)は第一のリード細線(6)により第一のワイヤ接続部(4)に電氣的に接続される。発光ダイオードチップ(5)のアノード電極(5a)は第二のリード細線(7)によりアノード側リードとしての第二の外部端子(8)に形成された第二のワイヤ接続部(9)に電氣的に接続される。凹部(3)に固着された発光ダイオードチップ(2)は、凹部(3)内に充填され且つ蛍光体(10)が混入された光透過性の保護樹脂(11)により被覆され、発光ダイオードチップ(5)、第一の外部端子(2)の凹部(3)及び第一のワイヤ接続部(4)、第二の外部端子(8)の第二のワイヤ接続部(9) \* 40

$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n_2 / n_1$$

【0006】 屈折率の大きい光透過性物質Aから屈折率の小さい光透過性物質Bに光がある角度以上の入射角で入射すると、光透過性物質Aからの光が光透過性物質B※

$$\sin \theta_c = n_2 / n_1$$

$$\theta_c = \sin^{-1} (n_2 / n_1)$$

【0007】 図3に示す発光ダイオード装置(1)では、半導体発光素子(5)を光透過性物質Aとし、保護樹脂(11)を光透過性物質Bとして同様の屈折現象を考えることができる。InGa<sub>0.5</sub>N系化合物半導体から成る半導体発光素

\* 並びにリード細線(6、7)は、更に光透過性の外部被覆体と成る樹脂封止体(12)によって被覆される。

【0004】 図3の発光ダイオード装置(1)では、第一の外部端子(2)と第二の外部端子(8)との間に電圧を印加して発光ダイオードチップ(5)に通電すると、発光ダイオードチップ(5)から照射される光は、保護樹脂(11)内で第一の外部端子(2)の凹部(3)の側壁(3b)で反射した後に、透明な樹脂封止体(12)を通り発光ダイオード装置(1)の外部に放出される。また、発光ダイオードチップ(5)の上面から放射される光のうち、凹部(3)の側壁(3b)で反射されずに直接に保護樹脂(11)及び樹脂封止体(12)を通して発光ダイオード装置(1)の外部に放出される光もある。発光ダイオードチップ(5)から照射される光のうち、保護樹脂(11)内に混入された蛍光体(10)によって異なる波長に変換されて放出される光もある。この結果、発光ダイオードチップ(5)から照射された光と蛍光体(10)によって異なる波長に変換された光とが混合した光が発光ダイオード装置(1)から放出される。従って、発光ダイオードチップ(5)と蛍光体(10)とを適宜選択することによって、波長の異なる種々の色調の発光を得ることができる。特に、発光ダイオードチップ(5)としてInGa<sub>0.5</sub>N系化合物半導体から成る青色系発光ダイオードチップを使用し、蛍光体(10)としてYAG:Ce、即ちCe（セリウム）で付括したYAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット、化学式Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>）系蛍光体で代表されるガーネット構造のランタノイド・アルミン酸塩系蛍光体を使用すると、比較的高輝度の白色発光ダイオード装置を実現することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、ある光透過性物質Aの任意の点から放射された光が光透過性物質Aに隣接する別の光透過性物質Bとの境界面に達したとき、境界面で光の進路が変わる屈折現象は良く知られている。即ち、光透過性物質Aを進む光が境界面の法線と成す角度を入射角 $\theta_1$ 、光透過性物質Bに進出した光が境界面の法線と成す角度を屈折角 $\theta_2$ 、光透過性物質Aの屈折率を $n_1$ 、光透過性物質Bの屈折率を $n_2$ とすると、屈折の法則（スネルの法則）に従って $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ の関係は次式で示される。

$$(1)$$

※に伝わらずに境界面で全反射される。全反射の生じる限界の臨界角と成る入射角 $\theta_c$ は、式(1)に $\theta_1 = \theta_c$ 、 $\theta_2 = \pi/2$ を代入して次式で示される。

$$(2)$$

子(5)の屈折率は $n_1 = 2.0$ 程度であるのに対し、YAG蛍光体の屈折率と樹脂の屈折率は、それぞれ $n_2 = 1.83$ と $n_2 = 1.5$ 程度であるため、蛍光体(10)を含有する保護樹脂(11)の全体としての屈折率は半導体発光素子(5)

の屈折率よりもかなり小さく、屈折率比 $n_2/n_1$ は小さい値と成る。従って、図3の発光ダイオード装置(1)では、式(2)に示されるように、光透過性物質Aと光透過性物質Bとの屈折率比が小さいため、半導体発光素子(5)と保護樹脂(11)との界面での臨界角は狭小となり、半導体発光素子(5)から保護樹脂(11)に入射する光量が減少すると共に、全反射される光量が増加する。このように、従来では、保護樹脂(11)との界面で半導体発光素子(5)から照射された光が反射され易いため、半導体発光素子(5)から照射された光を保護樹脂(11)の外部に効率よく導出することができず、結果として高い光取出効率を得ることができなかった。

【0008】また、発光ダイオード装置(1)に使用されるYAG蛍光体は、生成過程にYAM( $Y_2Al_2O_5$ )、YAP( $YAlO_5$ )等の中間生成物が形成されやすい問題がある。一般にYAG蛍光体は、原料である $Y_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 等に融剤を加え高温で焼成して製造されるが、最も生成されやすいのがYAMであり、次に温度の上昇に伴いYAP、YAGの順で相変化が起こる。従って、得られた蛍光体は純粋なYAGだけではなく不純物であるYAM、YAPが含まれやすい。しかしながら、目的の波長に対する蛍光体の変換効率はYAG相の生成量に比例するので、高効率の蛍光体では極力純粋なYAGで構成しなければならない。このため、一般には1500℃程度の高温で約2時間、場合により繰り返し焼成する必要があり、YAG蛍光体の製造及びYAG蛍光体を用いる発光ダイオード装置(1)は必然的に高価となった。

【0009】また、発光ダイオード装置(1)に使用されるInGaN系化合物半導体から成る半導体発光素子(5)はエネルギーの大きい430nm~480nm程度の短波長光を emits し、且つ順電圧が大きく、消費電力も大きいので、発光ダイオード装置(1)に通電すると、半導体発光素子(5)が発する光と熱によって保護樹脂(11)が半導体発光素子(5)の周囲から次第に劣化、黄変する問題が生じる。保護樹脂(11)が黄変すると半導体発光素子(5)から発した光が保護樹脂(11)中で吸収されるため、発光ダイオード装置(1)から外部に放出される光は著しく減少するので、長寿命で信頼性の高い発光ダイオード装置を得ることができなかった。

【0010】そこで、本発明の第一の目的は、半導体発光素子と半導体発光素子を被覆する被覆体との界面での全反射を抑制して光取出効率の優れた半導体発光装置を提供することにある。本発明の第二の目的は、半導体発光素子を被覆する内側被覆体とこれを被覆する外側被覆体との界面及び外側被覆体と外部空気との界面での全反射を抑制してより光取出効率の優れた半導体発光装置を提供することにある。本発明の第三の目的は、比較的安価な波長変換型の半導体発光装置を提供することにある。更に、本発明の第四の目的は、短波長の光が長期間照射されても、また、半導体発光素子の発熱によって高

温度に達しても、発光特性が低下しない信頼性の高い半導体発光装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明による半導体発光装置は、基体(2)と、基体(2)に固着された半導体発光素子(5)と、半導体発光素子(5)を被覆する光透過性の被覆体(12, 21)とを備えている。被覆体(12, 21)は半導体発光素子(5)が照射する光の少なくとも一部を吸収して励起され、これとは異なる波長の光を放出する蛍光体(22)を含み、半導体発光素子(5)の発光層(5d)と蛍光体(22)とが実質的に同一の組成の化合物半導体から構成される。本発明による半導体発光装置によれば、被覆体(12, 21)は、半導体発光素子(5)の発光層(5d)の屈折率と実質的に同一の屈折率を有する蛍光体(22)を含むため、被覆体(12, 21)全体を発光層(5d)の屈折率に近い屈折率で構成できるので、全反射の生じる境界の臨界角と成る入射角 $\theta_c$ を大きくでき、半導体発光素子(5)から照射された光による被覆体(12, 21)との界面での反射を著しく抑制することができる。即ち、半導体発光素子(5)の屈折率を $n_1$ とし被覆体(12, 21)の屈折率を $n_2$ とすれば、半導体発光素子(5)の屈折率 $n_1$ と被覆体(12, 21)の屈折率 $n_2$ が近似する場合、前式(1)より半導体発光素子(5)と被覆体(12, 21)との界面での入射角 $\theta_1$ と屈折率 $\theta_2$ はほぼ等しくなり、いかなる角度の入射光に対しても屈折は起こらないので、半導体発光素子(5)と被覆体(12, 21)とを光学的に一体構造体とみなすことができる。従って、半導体発光素子(5)と被覆体(12, 21)との界面での反射を実質的に考慮しなくてよい。

【0012】この結果、半導体発光素子(5)から照射された光を被覆体(12, 21)の外部に効率よく導出することができ、高い光取出効率を得ることができる。また、被覆体(12, 21)の屈折率が半導体発光素子(5)の屈折率と完全に同一ではなく、被覆体(12, 21)の屈折率が半導体発光素子(5)の屈折率よりも小さい場合でも、半導体発光素子(5)の屈折率に極力近い値の屈折率を有する被覆体(12, 21)を選択すれば、半導体発光素子(5)と被覆体(12, 21)との界面での臨界角は大きくなり、全反射量を著しく低減することができる。

【0013】本発明の実施の形態では、半導体発光素子(5)は $In_xGa_{1-x}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) から成る発光層(5d)を有し、被覆体(12, 21)は $In_xGa_{1-x}N$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ ) から成り且つ半導体発光素子(5)の発光する光の少なくとも一部を吸収して励起され、これとは異なる波長の光を放出する蛍光体(22)を含む。 $In_xGa_{1-x}N$  から成る蛍光体(22)は、YAG系蛍光体と同様に耐熱特性等に優れるため、信頼性の高い波長変換型の半導体発光装置を得ることができる。また、YAG系蛍光体ほどの高温、長時間の熱処理を施さずに生成できる $In_xGa_{1-x}N$  Cによって蛍光体(22)を安価に製造できるため、比較的安価な波長

変換型の半導体発光装置を実現できる。更に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ から成る蛍光体(22)は、生成過程にYAG系蛍光体のようにYAM、YAP等の中間生成物が形成されないため、不純物の少ない高純度の蛍光体(22)を容易に且つ歩留まり良く得ることができ、半導体発光装置の信頼性向上、高輝度化、生産コストの低減などが可能と成る。

【0014】更に、本実施の形態の半導体発光装置は、基体(2)と、基体(2)に固着された半導体発光素子(5)と、半導体発光素子(5)を被覆する光透過性を有する内部被覆体(21)と、内部被覆体(21)を被覆する光透過性を有する外部被覆体(12)とを備えている。内部被覆体(21)はその先端側に半球状の内側レンズ部(21b)を有し、外部被覆体(12)も同様にその先端側に半球状の外側レンズ部(12b)を有する。内側レンズ部(21b)と外側レンズ部(12b)の中心点(焦点)は、半導体発光素子(5)に対して実質的に同軸上に配置されるので、内側レンズ部(21b)と外側レンズ部(12b)の中心点は、半導体発光素子(5)から照射される光の光軸上に配置される。

【0015】内部被覆体(21)と外部被覆体(12)を半球状に形成すると共に、内部被覆体(21)の直径に対し外部被覆体(12)の直径を十分に大きくすると同時に、半球状の外部被覆体(12)の中心点に略一致して半球状の内部被覆体(21)の中心点を配置すれば、半導体発光素子(5)及び内部被覆体(21)は外部被覆体(12)に対して実質的に点光源と見なすことができる。半導体発光素子(5)から放射されて内部被覆体(21)を透過する光は内部被覆体(21)と外部被覆体(12)との界面に対しほぼ垂直に入射するので、内部被覆体(21)と外部被覆体(12)との屈折率の差が比較的大きく臨界角が小さい場合でも全反射は実質的に起こらず、同様に、外部被覆体(12)と外部空気との界面でも全反射が起こらない。このように、内部被覆体(21)と外部被覆体(12)との界面での全反射及び外部被覆体(12)と外部空気との界面での全反射を有効に抑制することができる。

【0016】従って、本実施の形態による半導体発光装置では、半導体発光素子(5)と内部被覆体(21)との界面での全反射、内部被覆体(21)と蛍光体(22)との界面での全反射、内部被覆体(21)と外部被覆体(12)との界面での全反射、及び外部被覆体(12)と外部空気との界面での全反射をそれぞれ抑制して、光取出効率を著しく増大することができる。

【0017】更に、本実施の形態の半導体発光装置では、被覆体(21, 12)又は内部被覆体(21)は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ から成る発光層(5d)の屈折率に容易に近似させられる屈折率を有するポリメタロキサン又はセラミックから構成され且つ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ から成る蛍光体(22)を含むため、蛍光体(22)を含む被覆体(21, 12)全体としての屈折率を半導体発光素子(5)の発光層(5d)の屈折率に更に容易に近似させることができ、光取出効率を高水準に向上することができる。

【0018】また、金属アルコキンド又はセラミック前駆体ポリマーなどにより形成され且つ光透過性を有するポリメタロキサン又はセラミックから構成される被覆体(21, 12)又は内部被覆体(21)は、有機樹脂から構成される従来の保護樹脂に比べて耐紫外線性及び耐熱性に優れ、エネルギーの大きい光である紫外線が照射される高温環境下で長期間使用しても劣化しない。従って、半導体発光素子(5)を被覆する被覆体(21, 12)又は内部被覆体(21)に黄変等による光透過性が低下せず、長期間高い光取出効率を維持することができる。半導体発光素子(5)から発生する紫外線及び熱は樹脂を分解し変質させるが、内部被覆体(21)は半導体発光素子(5)からの紫外線及び熱によって分解されず変質もしない。また、外部被覆体(12)は内部被覆体(21)を介して半導体発光素子(5)から光を受けるため、直接高熱に曝されず、半導体発光素子(5)から照射される紫外線が蛍光体(22)によって波長変換されるため、外部被覆体(12)を構成する樹脂は化学的に分解されない。

【0019】また、被覆体(21, 12)又は内部被覆体(21)を構成するポリメタロキサン又はセラミックは、硼素や酸化鉛等を含む低融点ガラス等に比べて極めて不純物が少ない高純度のガラス状に形成され、半導体発光素子(5)の光学特性に悪影響を及ぼさないため、半導体発光装置の良好な発光特性を長期間維持し、高い信頼性を実現できる。

【0020】

【発明の実施の形態】窒化ガリウム系化合物から成る発光ダイオード装置に適用した本発明による半導体発光装置の実施の形態を図1及び図2について以下に説明する。図1及び図2に示す実施の形態では、図3に示す箇所と同一の部分には同一の符号を付す。

【0021】図1に示すように、本実施の形態による発光ダイオード装置(20)は、一方の端部側に凹部(皿形状の電極)(3)及び第一のワイヤ接続部(4)が形成された第一の外部端子(2)と、一方の端部側に第二のワイヤ接続部(9)が形成された第二の外部端子(8)と、凹部(3)の底面に固着された発光ダイオードチップ(5)と、第一及び第二のワイヤ接続部(4, 9)と発光ダイオードチップ(5)との間に接続された第一及び第二のリード細線(6, 7)と、凹部(3)内に充填されて発光ダイオードチップ(5)を被覆する被覆体(21, 12)又は内部被覆体(21)としてのコーティング材(21)と、コーティング材(21)の外側を被覆する外部被覆体(12)としての樹脂封止体(12)とを備えている。第一の外部端子(2)と第二の外部端子(8)は周知のリードフレームから基体として構成され、凹部(3)は第一の外部端子(2)を長さ方向に押し潰して形成される。

【0022】半導体発光素子としての発光ダイオードチップ(5)は、発光波長のピークが約430nm〜480nmである窒化ガリウム系化合物半導体から成る青色発光ダイオードチップである。発光ダイオードチップ(5)は、

一般的にサファイア等から成る絶縁性基板又はSiC（炭化珪素）等から成る導電性基体の上面に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ ）から成る半導体領域を周知のエピタキシャル成長方法等により積層形成され、作動時に365nm～550nmの波長で発光する。図2は、本実施の形態の発光ダイオードチップ(5)を示す。図示のように、発光ダイオードチップ(5)は、サファイアから成る絶縁性基板(5a)と、この上面に周知のエピタキシャル成長方法によって形成された半導体基体(5f)と、半導体基体(5f)の上面に形成されたアノード電極(5g)及びカソード電極(5h)とを備えている。半導体基体(5f)は、絶縁性基板(5a)上に順次積層形成されたGaNから成るバッファ層(5b)と、GaNから成るn形半導体領域(5c)と、InGaNから成る発光層（活性層）(5d)と、GaNから成るp形半導体領域(5e)とを備えている。

【0023】半導体基体(5f)の上面には、p形半導体領域(5e)、発光層(5d)及びn形半導体領域(5c)の一部を除去する切欠部(5i)が形成されている。この結果、切欠部(5i)の底面にはn形半導体領域(5c)が露出し、カソード電極(5h)は切欠部(5i)の底面に形成されてn形半導体領域(5c)に電気的に接続される。また、アノード電極(5g)は、切欠部(5i)が形成されない半導体基体(5f)の上面でp形半導体領域(5e)に電気的に接続される。発光ダイオードチップ(5)の発光波長を決定する発光層(5d)は、本発明に基づいて $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ ）で表される窒化ガリウム系化合物半導体領域から構成される。

【0024】発光ダイオード装置(20)では、発光ダイオードチップ(5)の下面即ち絶縁性基板(5a)の下面が、無機材料を含有する樹脂性の接着剤又はポリメタロキサン又はセラミックから成る接着剤（図示せず）を介して凹部(3)の底面に固着される。樹脂性接着剤に使用する樹脂としては、例えばエポキシ系樹脂、シリコン樹脂又はポリイミド樹脂等が好適である。また、ポリメタロキサン又はセラミックから成る接着剤に混合する無機材料としては、銀、アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、アルミナ、シリカ等が好適である。ここで、ポリメタロキサン又はセラミックから成る接着剤を使用すれば、銀、アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム、アルミナ、シリカ等から成る無機材料は耐候性に優れるため、発光ダイオードチップ(5)から放出される短波長の光が比較的長い期間照射され又は発光ダイオードチップ(5)から発生する熱が比較的長時間加えられても、接着剤の劣化・変色及び劣化・変色に伴う光吸収を防止することができる。本実施の形態では、紫外線等エネルギーの大きい光が照射される高温環境下で長期間使用しても劣化しないポリメタロキサン又はセラミックから成る接着剤を使用すれば、コーティング材(21)の機能と相俟って信頼性がより向上し且つ安定する。

【0025】凹部(3)の底面(3a)から凹部(3)の入口(3c)までの凹部(3)の深さは、発光ダイオードチップ(5)の高

さよりも大きく、凹部(3)の底面(3a)に固着された発光ダイオードチップ(2)の上面は凹部(3)の入口(3c)よりも下側に位置する。このため、発光ダイオード装置(20)では、凹部(3)の内側に十分な量のコーティング材(21)を形成することができ、発光ダイオードチップ(5)の上面まで十分な量のコーティング材(21)によって被覆することができる。

【0026】発光ダイオードチップ(5)のカソード電極(5h)は、第一のリード細線(5)によりカソード電極と成る第一の外部端子(2)に形成された第一のワイヤ接続部(4)に電気的に接続され、発光ダイオードチップ(5)のアノード電極(5g)は、第二のリード細線(7)によりアノード電極と成る第二の外部端子(8)に形成された第二のワイヤ接続部(9)に電気的に接続される。周知のワイヤボンディング方法によって第一のリード細線(6)と第二のリード細線(7)を容易に接続することができる。

【0027】凹部(3)の底面に配置された発光ダイオードチップ(5)の上面及び側面は、凹部(3)の内側に充填されたコーティング材(21)によって被覆される。コーティング材(21)は金属アルコキシドをゾルーゲル法により加水分解重合して成る溶液、セラミック前駆体ポリマーを含有する溶液又はこれらの組み合わせによるコーティング材形成溶液から形成することができる。この種のコーティング材形成溶液は、通常は液状であるが、空气中又は酸素雰囲気中で乾燥、加熱すると成分の分解及び水分又は酸素の吸収により金属酸化物のメタロキサン（metalloxane）結合を主体とする透明な固形のコーティング材を生成する。

【0028】また、前記コーティング材形成溶液から形成されたコーティング材(21)は、耐紫外線特性、耐熱性に優れた高温環境下又は紫外線下でも実質的に黄変・着色を生じない。このため、コーティング材(21)は、発光ダイオードチップ(5)から生ずる短波長の光が比較的長時間照射され又は発光ダイオードチップ(5)の発熱による温度上昇が生じても、発光ダイオードチップ(5)からの発光を減衰させる黄変・着色が発生しない。

【0029】本実施の形態では、コーティング材形成溶液としてシリコンテトラエトキシド $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 、ジルコニウムプロポキシド $\text{Zr}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 、チタンイソプロポキシド $\text{Ti}(\text{iso-OC}_2\text{H}_5)_4$ 等複数の金属アルコキシドを混合しゾルーゲル法により加水分解重合して成る溶液を用いたポリメタロキサンから成るコーティング材(21)を使用する。各金属アルコキシド間の配合比を調整することにより、コーティング材(21)の屈折率を1.5～2.4程度までの任意の値に設定することができる。本実施の形態では、コーティング材(21)の屈折率は発光ダイオードチップ(5)の発光層(5d)及び後述の蛍光体(22)と略同一の屈折率である。

【0030】図1に示すように、コーティング材(21)は、凹部(3)の内側で逆截頭円錐型に形成されたコーテ

ィング本体(21a)と、コーティング本体(21a)に連続して形成されて凹部(3)の主面から凸状に突出する半球状の内側レンズ部(21b)とを有する。発光ダイオードチップ(5)を収容する凹部(3)内に凹部(3)の体積よりも若干多い量でコーティング材形成溶液を滴下して、コーティング材(21)を形成することができる。この場合、コーティング材形成溶液の自重と粘度、表面張力等のバランスを適切に制御することにより先端側に半球状を有する内側レンズ部(21b)をコーティング材(21)と共に形成することができる。別法として、容器にコーティング材形成溶

10

【表1】

コーティング材の材質

光透過層形成物質		光透過域(μm)	屈折率
酸化物	ZnO(酸化亜鉛)	0.4~9	1.99
	α-SiO <sub>2</sub> (シリカ)	0.15~4.5	1.54
	TiO <sub>2</sub> (酸化チタン)	0.45~6	2.61
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (アルミナ)	0.17~5.5	1.77
	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (酸化イットリウム)	0.22~9	1.92
複酸化物	BaTiO <sub>3</sub> (チタン酸バリウム)	0.5~7.5	2.37
	SrTiO <sub>3</sub> (チタン酸ストロンチウム)	0.1~7	2.40
珪素ジルコニウム酸化物	5ZrO <sub>2</sub> ・95SiO <sub>2</sub>		1.500
	10ZrO <sub>2</sub> ・90SiO <sub>2</sub>		1.525
	20ZrO <sub>2</sub> ・80SiO <sub>2</sub>		1.617
	30ZrO <sub>2</sub> ・70SiO <sub>2</sub>		1.685
	40ZrO <sub>2</sub> ・60SiO <sub>2</sub>		1.705
	50ZrO <sub>2</sub> ・50SiO <sub>2</sub>		1.865
	60ZrO <sub>2</sub> ・40SiO <sub>2</sub>		1.865
	70ZrO <sub>2</sub> ・30SiO <sub>2</sub>		1.906
	80ZrO <sub>2</sub> ・20SiO <sub>2</sub>		2.056
	90ZrO <sub>2</sub> ・10SiO <sub>2</sub>		2.131
	ZrO <sub>2</sub>		2.206

【0032】このように、コーティング材(21)の屈折率は、1.5~3.0の間にある。

【0033】コーティング材(21)には、発光ダイオードチップ(5)から照射された光の一部を吸収して波長の異なる光を放出する蛍光体(22)が混入される。本実施の形態では、蛍光体(22)は、本発明に基づいてIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N(但し、0≤X≤1)で表される窒化ガリウム系化合物半導体から成る。蛍光体(22)は、高純度石英管のチャンパー内でTMGa(トリメチルガリウム)とTMIn(トリメチルインジウム)にH<sub>2</sub>(水素)及びNH<sub>3</sub>(アンモニア)を加え600℃~1000℃で加熱するとTMGa、TMInの分解とGa(ガリウム)、In(インジウム)の窒化及び化合物が起こり、チャンパーの管壁にIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N(但し、0≤X≤1)の微結晶が成長するので、これを収集して使用される。これは一例に過ぎず、他の方法でも蛍光体(22)の生成は可能である。例えば、特開昭51-41686号公報は、粉末のGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(酸化ガリウム)をNH<sub>3</sub>雰囲気中で加熱させて窒化しInGa<sub>2</sub>Nを生成する方法を示す。また、特開平9-235548号公報は、粉末のGa<sub>2</sub>S<sub>3</sub>(硫化ガリウム)及びIn<sub>2</sub>S<sub>3</sub>(硫化インジウム)をNH<sub>3</sub>雰囲気中で加熱させて窒化しInGa<sub>2</sub>Nを生成する方法を開示する。

30 従って、蛍光体(22)はいずれの方法を用いても生成可能である。蛍光体(22)を混入したコーティング材形成溶液を発光ダイオードチップ(5)の周囲に塗布する方法によって、コーティング材(21)中に容易に分散させることができる。

【0034】先端側に半球状の内側レンズ部(21b)を有するコーティング材(21)を被覆する樹脂封止体(12)は、従来の発光ダイオードと同様に耐熱性及び耐光性にあまり優れないエポキシ系樹脂から成るが、本実施の形態では、発光ダイオードチップ(5)と樹脂封止体(12)との間に耐熱性及び耐光性に優れたコーティング材(21)が介在するため、発光ダイオードチップ(5)の発する熱及び光による樹脂封止体(12)の黄変・着色を良好に防止できる。また、樹脂封止体(12)は発光ダイオードチップ(5)等を被覆する円筒形状の封止体本体(12a)と、封止体本体(12a)に連続して形成された半球状の外側レンズ部(12b)とを備えている。外側レンズ部(12b)は、発光ダイオードチップ(2)から照射された光を集光して、外部に放出する機能をする。樹脂封止体(12)は、周知のトランスファモールド方法等によって容易に形成することができる。

50

\*ブリディップ法も採用することができる。発光ダイオードチップ(5)の周囲をコーティング材形成溶液で被覆した後に、一対の外部端子(2, 8)全体を正立状態又は倒立状態に設置したままコーティング材形成溶液を固化させて、コーティング材(21)を形成できる。コーティング材(21)の先端に内側レンズ部(21b)を設ける構造は一例に過ぎず、例えば、光取出効率向上よりも製造工程の簡便さを優先させる場合は、内側レンズ部(21b)を設けずにコーティング本体(21a)のみとしてもよい。



【0035】樹脂封止体(12)の外側レンズ部(12b)の直径はコーティング材(21)の内側レンズ部(21b)の直径よりも十分に大きく、且つ樹脂封止体(12)の外側レンズ部(12b)とコーティング材(21)の内側レンズ部(21b)の中心点(焦点)は、実質的に同軸上に配置される。即ち、発光ダイオードチップ(5)の上面(光取出面)と樹脂封止体(12)の外側レンズ部(12b)の中心点とを結ぶ軸上にコーティング材(21)のレンズ部(21b)の中心点が配置され、換言すれば、発光ダイオードチップ(5)の略中心から照射される光の光軸上に外側レンズ部(12b)と内側レンズ部(21b)の中心点が配置される。

【0036】この結果、発光ダイオードチップ(5)及びコーティング材(21)は樹脂封止体(12)に対して実質的に点光源と見なすことができ、発光ダイオードチップ(5)から放射されてコーティング材(21)を透過する光はコーティング材(21)と樹脂封止体(12)との界面に対してほぼ垂直に入射する。このため、樹脂封止体(12)がエポキシ系樹脂等から成り、コーティング材(21)と樹脂封止体(12)との屈折率の差が大きく臨界角が小さい場合でも、コーティング材(21)と樹脂封止体(12)との界面での全反射は殆ど起こらない。また同様に、樹脂封止体(12)と外部空気との界面での全反射も起こらない。

【0037】図1に示す半導体発光装置を製造する際には、一対の外部端子(2, 8)の一方の端部に凹部(3)を形成した後、凹部(3)の底部(3a)に発光ダイオードチップ(5)を固着する。次に、発光ダイオードチップ(5)の上面に形成された電極(5q, 5h)と一対のワイヤ接続部(4, 9)との間をリード細線(6, 7)により電気的に接続した後、金属アルコキシドから成るコーティング材形成溶液を凹部(3)内に注入して、発光ダイオードチップ(5)、電極(5q, 5h)及び電極(5q, 5h)に接続されたリード細線(6, 7)の端部を被覆する。コーティング材形成溶液は、発光ダイオードチップ(5)から照射される光を吸収して他の発光波長に変換する $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )化合物半導体から成る蛍光体(22)を含む。その後、コーティング材形成溶液を固化して内側レンズ部(21b)を備えるコーティング材(21)を形成し、更にコーティング材(21)を被覆する樹脂封止体(12)を樹脂成形する。

【0038】図1の発光ダイオード装置(20)の外部端子(2, 8)間に順方向電圧を印加し、発光ダイオードチップ(5)に通電して発光ダイオードチップ(5)を発光させると、発光ダイオードチップ(5)から照射された光はコーティング材(21)内の蛍光体(22)によってその一部がその発光波長と異なる他の波長に変換された後、樹脂封止体(12)の先端部に形成された外側レンズ部(12a)によって集光されて発光ダイオード装置(20)の外部に放出される。本実施の形態では、発光ダイオードチップ(5)が約430nm〜480nmの発光ピーク波長を有し、蛍光体(22)には $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )で表される窒化ガリウム系化合物半導体から構成される蛍光体を使用す

る。蛍光体(22)は、発光ダイオードの蛍光体として従来使用されたCe付活のYAG系蛍光体と類似する励起波長のピークが約450nm、発光波長のピークが約550nm〜580nmの幅広いスペクトルを持つ黄色光である。本実施の形態では、蛍光体(22)による波長変換を利用して白色の発光を良好に得るために、発光波長のピークが約430nm〜480nmと成るように、発光ダイオードチップ(5)の発光層(5d)の禁制帯幅が決定されている。従って、発光ダイオードチップ(5)から照射された光と、これが蛍光体(22)によって波長変換された光とが混ざることによって白色の光を樹脂封止体(12)の外部に放出させることができる。

【0039】本実施の形態による半導体発光ダイオードでは、次の作用効果が得られる。

[1] 発光ダイオードチップ(5)から照射された光が、発光ダイオードチップ(5)とコーティング材(21)との界面で反射することを抑制できると共に、コーティング材(21)と蛍光体(22)との界面での光の乱反射を抑制することができる。この結果、発光ダイオードチップ(5)から照射された光を、コーティング材(21)の外部に効率よく導出することができる。

[2] 発光ダイオードチップ(5)から照射されてコーティング材(21)を透過する光は、界面で樹脂封止体(12)に対し垂直に入射するので、界面での全反射も起こらない。また、樹脂封止体(12)と外部空気との界面での全反射も抑制することができる。この結果、上記[1]の効果と相俟って、光取出効率を最大限に高めることが可能である。

[3] 耐熱特性等に優れる $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )から成る蛍光体(22)によって、信頼性の高い発光ダイオード装置を得ることができる。

[4] YAG系蛍光体ほど高温の熱処理を施すことなく且つ安価に生成できる $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )から成る蛍光体(22)によって、波長変換型の発光ダイオード装置を比較的安価に製造できる。

[5] YAG系蛍光体のようにYAM、YAP等の中間生成物が形成されず且つ純度が高い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  (但し、 $0 \leq x \leq 1$ )から成る蛍光体(22)によって、製品の信頼性を向上させることができる。

[6] ポリメタロキサンから構成されるコーティング材(21)は紫外線等エネルギーの大きい光が照射される高温環境下で長期間使用しても劣化しないので、黄変等により光透過性が低下せず、長期間高い光取出効率を得られる。

[7] ポリメタロキサンから構成されるコーティング材(21)は極めて不純物が少なく発光ダイオードチップ(5)の特性に悪影響を及ぼさないため、発光特性を長期間良好に維持できる信頼性の高い発光ダイオード装置を実現できる。

【0040】



【発明の効果】前記のように、本発明による半導体発光装置では、半導体発光素子と半導体発光素子を被覆する被覆体との界面、半導体発光素子を被覆する内側被覆体とこれを被覆する外側被覆体との界面又は外側被覆体と外部空気との界面での全反射を抑制して光取出効率を改善することができる。また、短波長の光が長期間照射されて高温度に達しても、発光特性が低下しない信頼性の高い波長変換型の半導体発光装置を比較的安価に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 窒化ガリウム系化合物から成る発光ダイオード装置に適用した本発明による半導体発光装置の断面図

【図2】 図1に示す発光ダイオード装置に使用する半\*

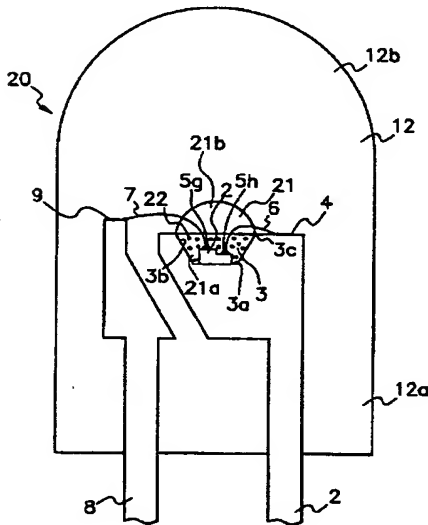
\* 半導体発光素子の断面図

【図3】 従来の発光ダイオード装置の断面図

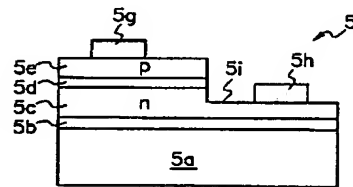
【符号の説明】

(2)・・・第一の外部端子（基体）、(3)・・・凹部（皿形状の電極）、(3a)・・・底面、(4)・・・第一のワイヤ接続部、(5)・・・発光ダイオードチップ、(6)・・・第一のリード細線、(7)・・・第二のリード細線、(8)・・・第二の外部端子、(9)・・・第二のワイヤ接続部、(12)・・・樹脂封止体（外部被覆体）、(12a)・・・封止体本体、(12b)・・・外側レンズ部、(20)・・・発光ダイオード装置（半導体発光装置）、(21)・・・コーティング材（内部被覆体）、(21a)・・・コーティング本体、(21b)・・・内側レンズ部、(22)・・・蛍光体、

【図1】



【図2】



【図3】

